昆 虫 学 报 *Acta Entomologica Sinica*, November 2014, 57(11): 1315 - 1320 ISSN 0454-6296

枣实蝇成虫飞行能力的测定

丁吉同[1]，阿地力·沙塔尔[1,*]，主海峰[2]，喻　峰[3]，阿里玛斯[2]，罗　浪[1]

(1. 新疆农业大学林学与园艺学院，乌鲁木齐 830052；2. 新疆维吾尔自治区林业有害生物防治检疫局，乌鲁木齐 830052；3. 吐鲁番地区森防站，新疆吐鲁番 838000)

摘要：【目的】为了明确枣实蝇 *Carpomya vesuviana* Costa 成虫飞行扩散能力及相关因子对其飞行能力的影响。【方法】本研究以 SUN-FL 型智能昆虫飞行信息系统(飞行磨)吊飞方法，测定了不同日龄、性别的枣实蝇成虫的飞行能力，并探究了温度对枣实蝇飞行能力的影响。【结果】羽化后 12 d 左右的枣实蝇飞行能力最强，雌虫平均飞行距离和最远飞行距离分别为 1.037 和 3.192 km，雄虫分别为 0.943 和 3.085 km；枣实蝇飞行能力随着日龄的增加呈现先增强后减弱的趋势；相同日龄的雌成虫平均飞行距离、平均飞行时间略高于雄虫，雌、雄虫的平均飞行距离、平均最快飞行速度、平均飞行时间之间没有显著性差异；环境温度 28～34℃为枣实蝇最佳飞行温度区间，且 31℃条件下飞行能力最强。【结论】由此可见，枣实蝇成虫具有较强的迁飞扩散能力。

关键词：枣实蝇；日龄；温度；性别；飞行能力；吊飞；飞行磨

中图分类号：Q968　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2014)11-1315-06

Flight capacity of adults of the ber fruit fly, *Carpomya vesuviana* (Diptera: Tephritidae)

DING Ji-Tong[1], ADIL Sattar[1,*], ZHU Hai-Feng[2], YU Feng[3], ALIMASI[2], LUO Lang[1] (1. College of Forestry & Horticulture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China; 2. Master Station of Prevention and Quarantine of Forestry Plant Diseases and Insect Pests in Xinjiang, Urumqi 830052, China; 3. Turpan Area Forest Protection Station, Turpan, Xinjiang 838000, China)

Abstract: 【Aim】This study aims to determine the ability of migration and dispersal of adults of the ber fruit fly, *Carpomya vesuviana* Costa and the impact of the relevant factors on their flight capability. 【Methods】The flight capability differences between female and male adults of *C. vesuviana* at different ages as well as the impact of temperature on the flight capacity were studied by a flight mill. 【Results】The 12 day-old adults of *C. vesuviana* had the strongest flight capacity. The average flight distance and maximum flight distance of the females were 1.037 and 3.192 km, respectively, while those of the males were 0.943 and 3.085 km, respectively. The flight capacity of *C. vesuviana* adults firstly increased and then decreased with adult age. The average flight distance and average accumulated flight time of the same day-old female adults were slightly higher than those of the male adults. There were no significant differences in the average flight distance, the average flight speed and the average flight time between the females and the males. The temperature ranging from 28 to 34℃ was suitable for flight, while 31℃ was the most optimal for flight. 【Conclusion】The results suggest that *C. vesuviana* adults have fairly strong potential of migration and dispersal.

Key words: *Carpomya vesuviana*; day-old age; temperature; gender; flight capacity; tethered flight; flight mill

枣实蝇 *Carpomya vesuviana* Costa 是我国重要的检疫性有害生物。在我国仅分布于新疆(张润志等，2007)，该害虫已经给新疆吐鲁番地区枣产业造成了毁灭性的损失，并且疫情有向其他地区扩散的趋势。据报道，陕西、山西、河北、河南、山东等均为枣实蝇适生区域(吕文刚等，2008)。因此，枣实

基金项目：新疆维吾尔自治区林业科技专项资金；新疆维吾尔自治区科技计划项目(201130102-3)

作者简介：丁吉同，男，1988 年 12 月生，山东临沂人，硕士研究生，研究方向为害虫综合治理，E-mail：djt0910@126.com

* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: adl1968@126.com

收稿日期 Received: 2014-07-20；接受日期 Accepted: 2014-10-27

蝇不仅对新疆主要枣产区南疆和哈密乃至我国内地广大枣产区都存在着极大潜在威胁。目前，国外枣实蝇的研究集中于危害调查、生物学习性、发生与环境关系的观察以及防治试验等领域(Grewal, 1981; Meixner *et al.*, 2002; Mun *et al.*, 2003; Pramanick and Sharma, 2005)，国内自 2007 年首次在新疆发现枣实蝇以来，对枣实蝇开展了大量的研究工作(阿地力·沙塔尔等, 2008, 2012; 何善勇等, 2009;胡陇生等, 2013; 程晓甜等, 2013, 2014a, 2014b, 2014c)。

确定迁飞性昆虫在自然界的扩散范围对揭示其扩散蔓延区域预测和灾变预警具有非常重要的意义(Barthell *et al.*, 2002)。昆虫的飞行能力是迁飞性昆虫的标志性生命参数，直接决定了其种群的扩散范围和能否成功定殖，也是明确其迁入分布和虫源区的关键因子(王凤英等, 2010)，除此之外，昆虫的飞行能力与性别、日龄、气候等因素密切相关(江幸福等, 2000, 2002)。梁帆(2001)等通过室内测定桔小实蝇飞行能力，发现其累计最远可飞行 44.54 km的距离；王华嵩和赵才道(1990)通过野外释放柑桔大实蝇，发现该实蝇近距离扩散能力很强，最远可达1.5 km。关于枣实蝇扩散行为和飞行能力方面国内外均未见报道。枣实蝇一旦传入到新区域后，主要以成虫在枣园内迁飞扩散蔓延。因此，对枣实蝇飞行扩散能力进行研究，确定枣实蝇危害区域、潜在扩散蔓延区域从而建立枣实蝇的重点防护区、隔离区对其疫情有效控制具有十分重要的意义。

本实验对枣实蝇成虫飞行能力及其与性别、温度的关系进行了研究，旨在了解枣实蝇成虫的潜在飞行能力，掌握相关因子与其飞行能力的关系，从而明确其在发生疫区的扩散范围，为有效地控制枣实蝇的扩散蔓延提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 虫源及饲养

供试虫样 2013 年 7 月 26 日在吐鲁番市亚尔乡亚尔谷力村(42°37′54″N, 90°45′38″E)枣园中采集带有老熟幼虫的新鲜枣果带回室内，将虫枣果置于细沙上，使幼虫自然脱果入土化蛹。将所获得的蛹和成虫均在 28±1℃, RH 35%±5%，光周期 14L:10D 条件下饲养。成虫羽化期每隔 3~5 h 收集一次。按羽化日期进行分笼，以 10% 蜂蜜水雌雄分开饲喂。

1.2 测试仪器

SUN-FL 型智能昆虫飞行信息系统(飞行磨)由中国农业科学院植物保护研究所研制。该系统由飞行磨采集控制主机、飞行磨和 PC 机软件组成。

1.3 飞行能力测定

1.3.1 吊飞方法：吊飞前将枣实蝇成虫置于(20 cm×30 cm)圆柱型塑料空瓶内利用脱脂棉蘸少量乙醚对其进行麻醉，在麻醉后 3–5 s 将其倒出，将飞行磨吊臂取下，吊针末端蘸喷漆少许 502 胶粘住成虫前胸背板，放置约 50~80 s 待枣实蝇完全苏醒后，用嘴轻轻吹气或轻弹细铜丝，观察其能否振翅，若能振翅飞翔，则将飞行磨臂放回飞行磨上，让其绕中轴旋转，每次测 24 h。测试分析其飞行速度、飞行持续时间和飞行距离(王凤英等, 2010)。

1.3.2 不同日龄的枣实蝇飞行能力的测定：飞行测试在封闭的环境中进行，共设置 9 个日龄梯度，即2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 和 18 日龄，测试环境温度控制在 28±1℃, RH 为 35%±5%，每组处理供试虫数 10 头，每个处理至少 5 个重复，共测试成虫 469 头，其中雌虫 227 头，雄虫 242 头。

1.3.3 温度对枣实蝇飞行能力的影响测定：测试时选择发育状况基本一致的 7 日龄枣实蝇雌、雄虫，根据实验条件设计 7 个温度梯度，即 19, 22, 25, 28, 31, 34 和 37℃，每个温度处理至少 5 个重复，每个处理测试成虫 10 头，共测试成虫 432 头，其中雌成虫 213 头，雄虫 219 头。测试环境湿度控制在 35%~45%，光照强度为 600~700 lx，测试环境的温湿度由三菱重工恒温恒湿机组(型号:MDC265A/MAUC265)控制。

1.4 统计分析

对所采集的数据以 SPSS19.0 软件进行处理分析。对各因素下的飞行指标进行单因素方差分析(One-way ANOVA)，经方差分析显著后，用 Duncan 氏多重比较法进行差异显著性测定(显著水平 $P=0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同日龄的枣实蝇成虫飞行能力

对枣实蝇不同日龄成虫的各飞行指标(飞行距离、速度、时间)测定结果见表 1 和表 2。由表可见，枣实蝇成虫各飞行指标随着日龄的增加出现先增加后逐渐降低的趋势；枣实蝇成虫平均飞行能力和个体飞行能力均在12日龄时达到巅峰，雄成虫平均

表 1　枣实蝇不同日龄成虫的平均飞行距离、速度和时间

Table 1　Average flight distance, flight speed, flight duration of different day-old adults of *Carpomya vesuviana*

成虫日龄 Adult age (day-old)	平均飞行距离(km) Average flight distance		平均飞行速度(km/h) Average flight speed		平均飞行时间(h) Average flight duration	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀
2	0.387 ± 0.168 d	0.403 ± 0.072 e	0.628 ± 0.231 e	0.594 ± 0.108 e	0.439 ± 0.167 e	0.463 ± 0.177 e
4	0.573 ± 0.189 cd	0.582 ± 0.095 de	0.659 ± 0.194 de	0.632 ± 0.167 de	0.533 ± 0.194 de	0.528 ± 0.185 de
6	0.612 ± 0.213 bc	0.634 ± 0.145 cd	0.723 ± 0.258 d	0.742 ± 0.233 d	0.647 ± 0.258 d	0.676 ± 0.261 d
8	0.787 ± 0.271 b	0.818 ± 0.192 bc	0.913 ± 0.353 c	0.931 ± 0.318 c	0.821 ± 0.353 c	0.813 ± 0.344 c
10	0.832 ± 0.302 ab	0.896 ± 0.274 b	1.088 ± 0.372 bc	1.107 ± 0.402 ab	0.858 ± 0.372 bc	0.879 ± 0.387 bc
12	0.943 ± 0.373 a	1.037 ± 0.314 a	1.227 ± 0.403 a	1.282 ± 0.479 a	0.927 ± 0.403 a	1.032 ± 0.479 a
14	0.849 ± 0.304 ab	0.912 ± 0.276 ab	1.134 ± 0.361 ab	1.134 ± 0.424 ab	0.836 ± 0.361 bc	0.904 ± 0.392 ab
16	0.762 ± 0.285 c	0.796 ± 0.199 bc	0.992 ± 0.256 c	0.981 ± 0.413 bc	0.702 ± 0.256 d	0.813 ± 0.302 c
18	0.634 ± 0.226 cd	0.621 ± 0.117 cd	0.901 ± 0.238 c	0.893 ± 0.523 c	0.633 ± 0.238 d	0.621 ± 0.217 d

同列数据(平均值 ± 标准差)字母不同者为差异显著(Duncan 氏多重比较，$P < 0.05$)；下表同。The data (mean ± *SD*) followed by different letters in a column indicate significant difference ($P < 0.05$) by Duncan's multiple range test. The same for the following tables.

表 2　枣实蝇不同日龄成虫的个体最远飞行距离、最大飞行速度和最长飞行时间

Table 2　The maximum flight distance, flight speed and flight duration of different day-old adults of *Carpomya vesuviana*

成虫日龄 Adult age (day-old)	最远飞行距离(km) Maximum flight distance		最大飞行速度(km/h) Maximum flight speed		最长飞行时间(h) Maximum flight duration	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀
2	1.233	1.247	0.821	0.744	0.757	0.745
4	1.562	1.671	0.936	0.927	0.711	0.726
6	1.704	1.694	1.142	1.203	0.834	0.879
8	2.114	2.078	1.225	1.318	0.938	0.954
10	2.545	2.613	1.386	1.471	1.123	1.173
12	3.085	3.192	1.563	1.622	1.228	1.314
14	2.994	3.088	1.488	1.513	1.217	1.206
16	2.878	2.966	1.414	1.453	1.166	1.149
18	2.752	2.862	1.378	1.362	1.092	1.121

飞行距离和最远飞行距离分别为 0.943 和 3.085 km，平均飞行速度和最大飞行速度分别为 1.227 和 1.563 km/h，平均飞行时间和最长飞行时间分别为 0.927 和 1.228 h，雌成虫平均飞行距离和最远飞行距离分别为 1.037 和 3.192 km，平均飞行速度和最大飞行速度分别为 1.282 和 1.622 km/h，平均飞行时间和最长飞行时间分别为 1.032 和 1.314 h；2 日龄的平均各飞行指标均显著低于其他日龄的飞行指标，12 – 14 日龄的平均飞行指标在 5% 的水平上显著高于其他日龄的飞行指标；2 日龄枣实蝇成虫个体最强飞行指标低于高日龄的个体最强飞行指标。通过以上结果来看，日龄与枣实蝇的各飞行指标间关系密切，高日龄期发育状况较低日龄期发育状况更利于枣实蝇飞翔，低日龄的枣实蝇已经具备了一定的飞行能力，但其发育成熟度不够，故飞行能力较弱；枣实蝇在羽化 12 d 后发育指标达到满足飞行的最高水平，其后随着日龄的继续增加飞行能力开始下降。

2.2　温度对枣实蝇成虫飞行能力的影响

在不同温度下对枣实蝇成虫的平均飞行距离、累计飞行时间、飞行速度进行测定见表 3。可知在 19℃时枣实蝇成虫的平均飞行距离：雄成虫为 0.316 km，雌成虫为 0.332 km，到 31℃时飞行距离达到最高，雄成虫为 1.093 km，雌成虫为 1.138 km，之后随着温度的升高平均飞行距离逐渐缩短，在 37℃时雄成虫为 0.503 km，雌成虫为 0.628 km；枣实蝇成虫的平均累计飞行时间在 19℃时雄成虫为 0.476 h，雌成虫为 0.503 h，31℃时达到最高，雄成虫为 1.214 h，雌成虫为 1.193 h，之后随着温度的升高平均累计飞行时间逐渐变短，在 37℃时雄成虫为 0.565 h，雌成虫为 0.572 h；枣实蝇成虫的平均飞行速度在 19℃时雄成虫为 0.515 km/h，雌成虫为 0.418 km/h，到 31℃时达最高，雄成虫为 0.879 km/h，雌成虫为 0.845 km/h，之后随着温度

的升高平均飞行速度逐渐减慢，在37℃时雄成虫为0.711 km/h，雌成虫为0.733 km/h。分析结果表明，28～34℃条件下飞行距离与其他温度之间的飞行距离在5%的水平上差异显著；31℃条件下飞行时间与其他温度之间的飞行时间在5%的水平上差异显著；28～34℃条件下飞行速度显著高于其他温度下。因此，31℃时枣实蝇成虫飞行能力在实验中表现为最强，28～34℃为枣实蝇最佳飞行温度区间。从以上结果来看温度对枣实蝇成虫的飞行能力影响显著，且该实蝇较喜欢在高温条件下飞行。

表3 不同温度条件下枣实蝇成虫的平均飞行距离、飞行时间和飞行速度

Table 3 Average flight distance, duration and speed of *Carpomya vesuviana* adults at different temperatures

温度(℃) Temperature	平均飞行距离(km) Average flight distance		平均飞行时间(h) Average flight duration		平均飞行速度(km/h) Average flight speed	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀
19	0.316±0.069 c	0.332±0.087 d	0.476±0.045 c	0.503±0.069 c	0.515±0.062 c	0.418±0.057 c
22	0.414±0.038 c	0.422±0.041 d	0.553±0.367 c	0.548±0.296 c	0.519±0.081 c	0.523±0.072 c
25	0.693±0.165 b	0.676±0.127 c	0.707±0.154 b	0.722±0.188 b	0.738±0.181 b	0.696±0.231 b
28	0.847±0.187 ab	0.834±0.176 bc	0.816±0.160 b	0.808±0.157 b	0.720±0.153 ab	0.714±0.135 ab
31	1.093±0.266 a	1.138±0.311 a	1.214±0.783 a	1.193±0.774 a	0.879±0.066 a	0.845±0.218 a
34	0.842±0.119 ab	0.853±0.133 bc	0.793±0.208 b	0.811±0.234 b	0.711±0.142 ab	0.733±0.187 ab
37	0.642±0.036 b	0.628±0.048 c	0.565±0.247 c	0.572±0.265 c	0.691±0.098 b	0.633±0.130 b

2.3 枣实蝇成虫性别与飞行能力之间的关系

不同性别的枣实蝇成虫飞行能力见图1～3。在枣实蝇雌、雄成虫平均飞行距离的测定中日龄为2，6，8，10，12，14和16日龄的雌成虫平均飞行距离略长于雄成虫，在4和18日龄时雌成虫的平均飞行距离力短于雄成虫(图1)；在枣实蝇雌、雄成虫飞行速度的测定中2，4，12，16和18日龄的枣实蝇雄成虫平均飞行速度略快于雌成虫，8，10和14日龄的枣实蝇雄成虫的平均飞行速度略慢于雌成虫(图2)；在枣实蝇雌雄成虫平均累计飞行时间的测定中2，6，10，12，14和16日龄的枣实蝇雌成虫平均累计飞行时间略长于雄成虫，4，8和18日龄的枣实蝇雌成虫平均累计飞行时间略短于雄成虫(图3)。相同日龄的枣实蝇雌、雄成虫在各飞行能力指标中呈现出不同程度的差异，但对相同日龄的枣实蝇飞行能力进行统计分析表明相同日龄下的枣实蝇雌、雄虫间平均飞行距离、时间、速度的差异不显著(P=0.13，1.12，0.76)。从结果来看，枣实蝇雌成虫较雄成虫而言具有更强的飞行能力。

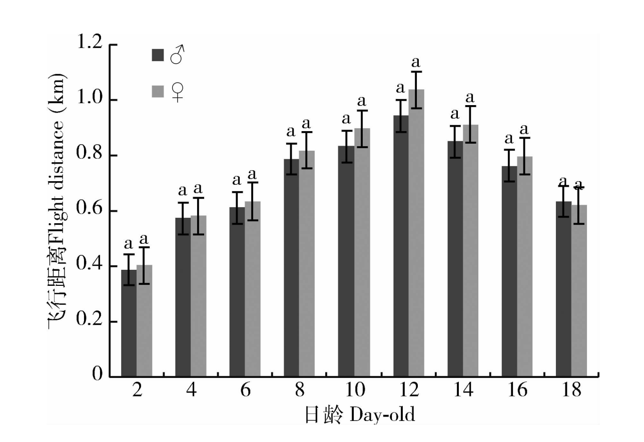


图1 不同性别的枣实蝇成虫平均飞行距离

Fig. 1 Average flight distance of female and male adults of *Carpomya vesuviana*

图中数据为平均值±标准差；柱上小写字母相同表示同一日龄雌雄间差异不显著(Duncan氏多重比较，P>0.05)；下图同。Data are means ± *SD*, and the same lowercase letters above bars represent no obvious difference between females and males at the same day-old at the 0.05 level by Duncan's multiple range test. The same for the following figures.

3 结论与讨论

从以上研究结果可见，枣实蝇成虫具有较强的飞翔能力和短距离迁移扩散能力。12日龄的枣实蝇成虫飞行能力最强，雌成虫与雄成虫间飞行能力差异不显著，枣实蝇成虫的飞行能力随日龄的增加呈现出先增强后减弱的趋势，在最适条件下最远可飞行3.192 km，最长可连续飞行1.314 h，最大飞行速度可达1.622 km/h。温度测试中，在19～37℃条件下枣实蝇各飞行能力指标(飞行速度、距离和时间)随着温度的升高呈现先加强后减弱的趋势，28～34℃是枣实蝇最佳飞行温度区间，31℃左右为其最适飞翔温度，这与野外观察的该实蝇多集中于10:00－14:00进行活动的规律基本吻合。

由实验结果可知，枣实蝇成虫飞行能力与成虫

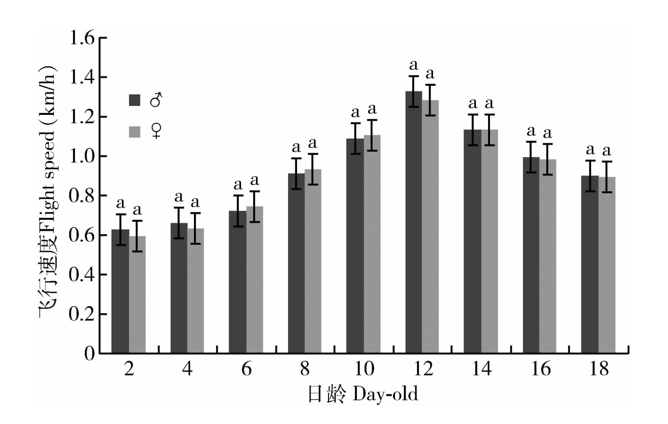


图 2　不同性别枣实蝇成虫的平均飞行速度
Fig. 2　Average flight speed of female and male adults of *Carpomya vesuviana*

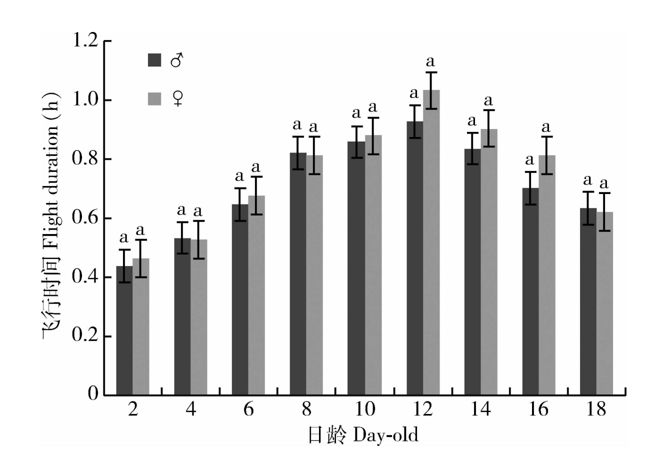


图 3　不同性别枣实蝇成虫的平均飞行时间
Fig. 3　Average flight duration of female and male adults of *Carpomya vesuviana*

的日龄相关，在 12 日龄时飞行能力最强，可能与昆虫欲寻求配偶交配或其交配状况有关，可以推测在 12 日龄时的枣实蝇成虫与较低日龄的枣实蝇相比可能具有更强的寻求配偶的倾向，其生殖发育更健全更成熟；而相比于较高日龄的枣实蝇成虫其交配率低，有研究报道未交配成虫的飞行能力要强于已交配的成虫（郭虹，2012），因此，枣实蝇飞行能力才会出现随着日龄的增加先增加后降低并在 12 日龄达到最强现象；目前尚未见到有关枣实蝇成虫飞行能力的相关报道，但在其他昆虫的研究报道中显示不同温度下飞行时昆虫对甘油三酯利用效率的高低是导致其飞行能力差异的主要原因（江幸福等，2002），这有可能表明在 31℃左右条件下枣实蝇的飞行能源物质利用效率较其他温度更高，在较低的温度下，其飞行前需要有一个身体预热的过程，这个过程将会消耗一部分能源物质，而过高的温度会导致能源物质消耗加快，因此，在温度较高或者较低的情况下都不利于枣实蝇成虫飞行能源物质的利用。而本次在室内研究的枣实蝇最适飞行温度区间为 28 ~ 34℃，这与其在野外多集中于 10:00 – 14:00 时进行活动的规律基本吻合（胡陇生等，2013）。昆虫的飞行能力很大程度上取决于其飞行肌结构的发育情况，而飞行肌的降解产物一部分可能会参与到卵巢发育等生殖行为中，因此实蝇等迁飞类昆虫达到一定飞行量有助于性成熟（Nair and Prabhu，1985），这可能也是导致枣实蝇雌成虫飞行能力略高于雄成虫的原因。虽然枣实蝇成虫具有较强的飞行能力，但从本实验所获得的飞行距离数据来看，其完全依靠自身的飞行能力进行远距离传播的可能性较小，主要是随着寄主的调运传播进行扩散。

影响昆虫飞翔的因素很多，湿度、光照强度、密度和食物供应等都会对飞行能力产生影响（Dingle，1978；Slansky，1980）。本研究探讨了性别、日龄、温度对枣实蝇飞行活动的影响。采用了 10% 的蜂蜜水饲养枣实蝇并进行飞行测定，研究证明采用其他比例的蜂蜜水和食物可以延长该实蝇的寿命（胡陇生等，2012），因此，不同的食物对其飞行能力是否有影响及卵巢发育情况与飞行能力的关系还需进一步研究。

参考文献（References）

Adil Satar, He SY, Tian CM, 2008. Occurrence of *Carpomya vesuviana* and distribution of pupas in Turpan area. *Plant Quarantine*, 22 (5): 295 – 297. ［阿地力·沙塔尔，何善勇，田呈明，2008. 枣实蝇在吐鲁番地区的发生及蛹的分布规律. 植物检疫，22(5)：295 – 297］

Adil Sattar, Wen JB, Luo YQ, He SY, Yu F, Chen M, 2012. Impacts of main meteorological factors on emergence rate of *Carpomyia vesuviana* overwinter generation adult in Turpan. *Forest Research*, 25 (4): 540 – 544. ［阿地力·沙塔尔，温俊宝，骆有庆，何善勇，喻峰，陈梦，2012. 主要气象因子对吐鲁番枣实蝇越冬代成虫羽化率的影响. 林业科学研究，25(4)：540 – 544］

Barthell JF, Hranitz JM, Thorp RW, 2002. High temperature responses in two exotic leafcutting bee species: *Megachile apicalis* and *M. rotundata* (Hymenoptera: Megachilidae). *Pan-Pacific Entomol.*, 78 (4): 235 – 246.

Berdyeva NG, 1978. Flight dynamics of *Carpomyia vesuviana* in Turkmenia. *Izvestiia Seriia biologicheskikh Nauk*, (2): 91 – 93.

Cheng XT, Adil Sattar, Zhang W, Li XQ, Ma YL, 2014a. Rapid identification of *Carpomya vesuviana* by real-time PCR with SYBR green chemical. *Scientia Silvae Sinicae*, 50(4): 60 – 65. ［程晓甜，阿地力·沙塔尔，张伟，李新泉，玛依拉，2014a. SYBR

Green 实时荧光 PCR 快速鉴定枣实蝇技术. 林业科学, 50(4): 60–65]

Cheng XT, Adil Sattar, Zhang W, Li XQ, 2014b. Sequence analysis of mitochondrial Cytb gene of four geographic populations of *Carpomya vesuviana*. *Scientia Silvae Sinicae*, 50(3): 144–150. [程晓甜, 阿地力·沙塔尔, 张伟, 李新泉, 2014b. 枣实蝇 4 个地理种群的线粒体 Cytb 基因序列分析. 林业科学, 50(3): 144–150]

Cheng XT, Adili Sattar, Zhang W, Li XQ, 2014c. Rapid identification of *Carpomya vesuviana* Costa and five relative species of fruit flies by PCR-RFLP. *Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition)*, 38(1): 183–185. [程晓甜, 阿地力·沙塔尔, 张伟, 李新泉, 2014c. 枣实蝇及其他 5 种检疫性实蝇的 PCR-RFLP 快速鉴定. 南京林业大学学报(自然科学版), 38(1): 183–185]

Cheng XT, Adili Shataer, Zhang W, Wen JB, Li XQ, Chen M, 2013. Species-specific PCR primers for identification of *Carpomyia vesuviana*. *Scientia Silvae Sinicae*, 49(11): 98–102. [程晓甜, 阿地力·沙塔尔, 张伟, 温俊宝, 李新泉, 陈梦, 2013. 枣实蝇特异引物 PCR 鉴定技术. 林业科学, 49(11): 98–102]

Dingle H, 1978. Migration and diapause in tropical, temperate, and island milkweed bugs. In: Dingle H ed. Evolution of Insect Migration and Diapause. Springer-Verlag, New York.

Grewal JS, 1981. Relative incidence of infestation by two species of fruit flies *Carpomyia vesuviana* and *Dacus zonatus* on ber in Punjab. *Indian Journal of Ecology*, 8(1): 123–125.

Guo H, 2012. Study on the Adult Monitoring and Flight Capacity of *Lymantria dispar*. PhD Dissertation, Beijing Forest University, Beijing. 34–37. [郭虹, 2012. 舞毒蛾成虫监测及其飞行能力研究. 北京: 北京林业大学博士学位论文. 34–37]

He SY, Adili Satar, Zhu YF, Yu F, Wen JB, Tian CM, 2009. The developmental threshold temperature and the effective accumulated temperature of *Carpomya vesuviana* pupae. *Chinese Bulletin of Entomology*, 46(5): 791–794. [何善勇, 阿地力·沙塔尔, 朱银飞, 喻峰, 温俊宝, 田呈明, 2009. 枣实蝇蛹发育起点温度和有效积温. 昆虫知识, 46(5): 791–794]

He SY, Zhu YF, Adili Satar, Yu F, Wen JB, Tian CM, 2009. Occurrence of *Carpomya vesuviana* in Turpan region. *Chinese Bulletin of Entomology*, 46(6): 930–934. [何善勇, 朱银飞, 阿地力·沙塔尔, 喻峰, 温俊宝, 田呈明, 2009. 吐鲁番地区枣实蝇发生规律. 昆虫知识, 46(6): 930–934]

Hu LS, Tian CM, Zhu YF, Zhou ZZ, Ren L, Qi CJ, 2013. Biological characteristics of the ber fruit fly, *Carpomya vesuviana*. *Acta Entomologica Sinica*, 56(1): 69–78. [胡陇生, 田呈明, 朱银飞, 周忠赞, 任玲, 齐长江, 2013. 枣实蝇生物学特性研究. 昆虫学报, 56(1): 69–78]

Hu LS, Zhu YF, Tian CM, Ren L, 2012. Breeding of *Carpomya vesuviana* Costa adult. *Forest Pest and Disease*, 31(4): 31–32, 35. [胡陇生, 朱银飞, 田呈明, 任玲, 2012. 枣实蝇成虫饲养初报. 中国森林病虫, 31(4): 31–32, 35]

Jiang XF, Luo LZ, Hu Y, 2000. The effect of compensatory nutrition on flight ability of beet armyworm *Spodoptera exigua*. *Acta Phytophylacica Sinica*, 27(4): 327–332. [江幸福, 罗礼智, 胡毅, 2000. 成虫期营养对甜菜夜蛾飞行和生殖的影响. 植物保护学报, 27(4): 327–332]

Jiang XF, Luo LZ, Li KB, Cao YZ, Hu Y, Liu YQ, 2002. Influence of temperature on flight capacity of the beet armyworm, *Spodoptera exigua*. *Acta Entomologica Sinica*, 45(2): 275–278. [江幸福, 罗礼智, 李克斌, 曹雅忠, 胡毅, 刘悦秋, 2002. 温度对甜菜夜蛾飞行能力的影响. 昆虫学报, 45(2): 275–278]

Liang F, Wu JJ, Liang GQ, 2001. The first report of the test on the flight ability of oriental fruit fly. *Journal of Jiangxi Agricultural University*, 23(2): 259–260. [梁帆, 吴佳教, 梁广勤, 2001. 桔小实蝇飞行能力测定试验初报. 江西农业大学学报, 23(2): 259–260]

Lv WG, Lin W, Li ZH, Geng J, Wan FH, Wang ZL, 2008. Potential geographic distribution of ber fruit fly, *Carpomya vesuviana* Costa. *Plant Quarantine*, 22(6): 343–347. [吕文刚, 林伟, 李志红, 耿建, 万方浩, 王之岭, 2008. 枣实蝇在中国适生性初步研究. 植物检疫, 22(6): 343–347]

Meixner MD, Mcpheron BA, Silva G, Gasparich GE, Sheppard WS, 2002. The Mediterranean fruit fly in California: evidence for multiple introductions and persistent populations based on microsatellite and mitochondrial DNA variability. *Molecular Ecology*, 11(5): 891–899.

Mun J, Bohonak AJ, Roderick GK, 2003. Population structure of the pumpkin fruit fly *Bactrocera depressa* (Tephritidae) in Korea and Japan: Pliocene allopatry or recent invasion. *Molecular Ecology*, 12(11): 2941–2951.

Nair CNM, Prabhu KK, 1985. Entry of protein from degenerating flight muscles into oocytes in *Dysdercus cingulatus*. *Journal of Insect Physiology*, 31(2): 353–355.

Pramanick PK, Sharma VP, 2005. Inheritance of some physical and biochemical parameters with respect to fruit fly resistance in ber (*Zizyphus mauritiana*). *Progressive Horticulture*, 37(1): 149–151.

Slansky FJ, 1980. Food consumption and reproduction as affected by tethered in female milkweed bugs (*Oncopeltus fasciatus*). *Entomol. Exp. Appl.*, 28: 277–286.

Wang FY, Zhang XX, Zhang BP, 2010. Flight and remigration capacity of the rice leaf folder moth, *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae). *Acta Entomologica Sinica*, 53(11): 1265–1272. [王凤英, 张孝羲, 翟保平, 2010. 稻纵卷叶螟的飞行和再迁飞能力. 昆虫学报, 53(11): 1265–1272]

Wang HS, Zhao CD, Li HX, Lou HZ, Liu QR, Kang W, Hu JG, Zhang HQ, Chu JM, Xia DR, Yang RX, 1990. Control of Chinese citrus fly *Dacus citri* by male sterile technique. *Acta Agriculturae Nucleatae Sinica*, 4(3): 135–138. [王华嵩, 赵才道, 黎怀燮, 楼洪章, 刘琼茹, 康文, 胡建国, 张和琴, 储吉明, 夏大荣, 杨荣新, 1990. 辐射不育技术防治柑桔大实蝇的效果. 核农学报, 4(3): 135–138]

Zhang RZ, Wang XJ, Adili Shataer, 2007. Identification and precaution of the ber fruit fly, *Carpomya vesuviana*, a quarantine pest insect in China. *Chinese Bulletin of Entomology*, 44(6): 928–930. [张润志, 汪兴鉴, 阿地力·沙塔尔, 2007. 检疫性害虫枣实蝇的鉴定与入侵威胁. 昆虫知识, 44(6): 928–930]

(责任编辑: 袁德成)